

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06260943 A**(43) Date of publication of application: **16.09.94**

(51) Int. Cl.

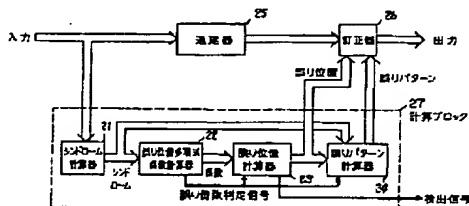
H03M 13/00(21) Application number: **05043504**(22) Date of filing: **04.03.93**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **MATSUMI CHIYOKO**(54) **ERROR CORRECTION DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an error correction device which can calculate the value of a determinant in the small computing frequency and also can correct the errors by a lower clock or in a shorter computing time.

CONSTITUTION: A syndrome calculator 21 calculates a syndrome from an input reception series, and an error position polynomial coefficient calculator 22 calculates the coefficient of an error position polynomial from the calculated syndrome. This calculated coefficient is supplied to an error position calculator 23. Then the calculator 23 calculates an error position included in the reception series from the coefficient calculated by the calculator 22 and the error number deciding signal obtained from the calculator 22. Based on this error position, the syndrome and the error number deciding signal, an error pattern calculator 24 calculates an error pattern. A delay unit 25 delays the reception series by an extent equal to the time required for generation of the error pattern. Then a corrector 26 corrects the wrong digits of output of the unit 25 and outputs the corrected digits.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-260943

(43) 公開日 平成6年(1994)9月16日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 3 M 13/00

識別記号

庁内整理番号

8730-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平5-43504

(22) 出願日 平成5年(1993)3月4日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 松見 知代子

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

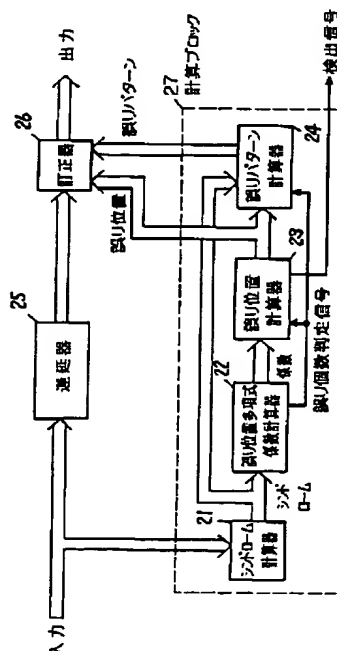
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 誤り訂正装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、従来に比較して、少ない演算の実行回数にて行列式の値を求め、これにより低い動作クロックもしくは短い演算実行時間にて誤り訂正を行なう誤り訂正装置を提供する。

【構成】 シンドローム計算器21は、入力された受信系列からシンドロームを計算する。誤り位置多項式係数計算器22は、シンドロームから誤り位置多項式の係数を求め、この係数は誤り位置計算器23に入力される。誤り位置計算器23は係数と誤り位置多項式係数計算器22が出力する誤り個数判定信号により、受信系列中の誤り位置を計算する。この誤り位置、シンドローム及び誤り個数判定信号を用いて、誤りパターン計算器24は誤りパターンを計算する。遅延器25は誤りパターンが生成されるまでに要する時間だけ受信系列を遅延し、訂正器26は遅延器25の出力の誤ったディジットを訂正して出力する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 情報信号に付加して記録担体に記録再生される誤り訂正符号を復号する誤り訂正装置であって、入力された符号語をもとにシンドロームを算出するシンドローム計算器と、前記シンドロームをもとに、入力された符号語の誤り個数を判定して誤り個数判定信号を出力すると共に、前記シンドロームをもとに誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ の係数 σ_i ($i = n-1, n-2, \dots, 1, 0$) を計算する誤り位置多項式係数計算器と、この計算により求められた係数 σ_i を用いて前記誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ を0とおいたときの根 X を求め、この根 X に基づいて前記誤り位置を求める誤り位置計算器と、この求められた誤り位置と前記シンドロームおよび誤り個数判定信号をもとに誤りパターンを生成する誤りパターン計算回路と、入力信号された符号語から前記誤りパターンが生成されるまでに要する時間だけ、入力された符号語を遅延させる遅延器と、前記遅延器の出力と前記誤りパターンとを用いることにより訂正された符号語を生成する訂正器とを具備したことを特徴とする誤り訂正装置。

【請求項2】 誤り位置多項式係数計算器は、入力された

2

シンドロームに基づいて、ガロア体 $GF(2)$ の拡大体 $GF(2^m)$ (m は正の整数) の上の誤り訂正符号を復号する際、生起している誤りの個数を判定するための行列式演算、及び誤り位置多項式の係数を求めるための行列式演算を行なう場合に、低次の行列式演算を行なった後に、前記低次の行列式演算の結果を必要とする複数種類の高次の行列式演算を並列して行なうことを特徴とする請求項1記載の誤り訂正装置。

【請求項3】 入力される符号語はガロア体 $GF(2)$ の拡大体 $GF(2^m)$ (m は正の整数) 上の $(N, N-8, 9)$ リードソロモン符号で構成されており、誤り位置多項式係数計算器は、入力されたシンドロームに基づいて、前記リードソロモン符号を4重訂正する際に、任意に $P+Q \cdot R$ もしくは $P^2+Q \cdot R$ を選択して計算できる計算器を用いて (\cdot は $GF(2^m)$ 上の乗算、 $+$ は $GF(2^m)$ 上の加算を示す)、行列式演算を (表1) (表2) (表3) の順序に基づいて行ない、誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ の係数 σ_i ($i = n-1, n-2, \dots, 1, 0$) を計算することを特徴とする請求項2記載の誤り訂正装置。

【表1】

順序	P	Q	R	計算値
1	S_3^2	S_2	S_4	A24
2	0	S_0	A24	
3	0	S_1	A24	
4	0	S_6	A24	
5	0	S_7	A24	
6	S_3^2	S_0	S_6	A06
7	0	A06	A24	
8	S_4^2	S_1	S_7	A17
9	0	A17	A24	
10	S_4^2	S_3	S_5	A35
11	0	A17	A35	
12	A17·A24	A06	A35	
13	0	S_1	A35	
14	0	S_0	A35	
15	0	S_7	A35	
16	0	S_6	A35	
17	S_1^2	S_0	S_2	A02
18	$S_0 \cdot A24$	S_4	A02	
19	$S_1 \cdot A24$	S_3	A02	
20	S_5^2	S_4	S_6	A46
21	A06·A24	A02	A46	
22	S_6^2	S_5	S_7	A57
23	A17·A24+A06·A35	A02	A57	

【表2】

順序	P	Q	R	計算値
24	$S_7 \cdot A35$	S_3	A57	A13
25	$S_6 \cdot A35$	S_2	A57	
26	S_2^2	S_1	S_3	
27	$A17 \cdot A35$	A13	A57	
28	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57$	A13	A46	
29	$S_6 \cdot S24$	S_2	A46	
30	$S_7 \cdot A24$	S_3	A46	
31	$S_1 \cdot A35$	S_5	A13	
32	$S_0 \cdot A35$	S_4	A13	
33	S_2^2	S_0	S_4	A04
34	$S_0 \cdot A24 + S_4 \cdot A02$	S_2	A04	A024
35	$S_1 \cdot A24 + S_5 \cdot A02$	S_3	A04	A025
36	S_4^2	S_2	S_6	A26
37	$A06 \cdot A24 + A02 \cdot A46$	A04	A26	A0246
38	S_5^2	S_3	S_7	A37
39	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57 + A13 \cdot A46$	A04	A37	A357
40	$S_7 \cdot A35 + S_3 \cdot A57$	S_5	A37	
41	$S_6 \cdot A35 + S_2 \cdot A57$	S_4	A37	
42	S_3^2	S_1	S_5	A15
43	$A17 \cdot A35 + A13 \cdot A57$	A15	A37	A1357
44	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57 + A13 \cdot A46 + A04 \cdot A37$	A15	A26	A0257
45	$S_6 \cdot S24 + S_2 \cdot A46$	S_4	S26	A246
46	$S_7 \cdot A24 + S_3 \cdot A46$	S_5	A26	A247

【表3】

7

8

順序	P	Q	R	計算値
47	$S_1 \cdot A35 + S_5 \cdot A13$	S_3	A15	A135
48	$S_0 \cdot A35 + S_4 \cdot A13$	S_2	A15	A035
49	0	S_0	A357	
50	$S_0 \cdot A357$	S_1	A257	
51	$S_0 \cdot A357 + S_1 \cdot A257$	S_2	A247	
52	$S_0 \cdot A357 + S_1 \cdot A257 + S_2 \cdot A247$	S_3	A246	A0357
53	0	S_7	A024	
54	$S_7 \cdot A024$	S_6	A025	
55	$S_7 \cdot A024 + S_6 \cdot A025$	S_5	A035	
56	$S_7 \cdot A024 + S_6 \cdot A025 + S_5 \cdot A035$	S_4	A135	A0247

【請求項4】入力される符号語はガロア体 $GF(2^m)$ の拡大体 $GF(2^{mN})$ (m は正の整数) 上の $(N, N-6, 7)$ リードソロモン符号で構成されており、誤り位置多項式係数計算器は、入力されたシンδροームに基づいて、前記リードソロモン符号を3重訂正する際に、任意に $P+Q \cdot R$ もしくは $P^2+Q \cdot R$ を選択して計算できる計算

器を用いて (\cdot は $GF(2^m)$ 上の乗算、 $+$ は $GF(2^m)$ 上の加算を示す)、行列式演算を(表4)の順序に基づいて行ない、誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ の係数 σ_i ($i=n-1, n-2, \dots, 1, 0$)を計算することを特徴とする請求項2記載の誤り訂正装置。

【表4】

順序	P	Q	R	計算値
1	S_3^2	S_2	S_4	A24
2	0	S_0	A24	
3	0	S_1	A24	
4	S_4^2	S_3	S_5	A35
5	0	S_1	A35	
6	0	S_0	A35	
7	S_1^2	S_0	S_2	A02
8	$S_0 \cdot A24$	S_4	A02	
9	$S_1 \cdot A24$	S_5	A02	
10	S_2^2	S_1	S_3	A13
11	$S_1 \cdot A35$	S_5	A13	
12	$S_0 \cdot A35$	S_4	A13	
13	S_2^2	S_0	S_4	A04
14	$S_0 \cdot A24 + S_4 \cdot A02$	S_2	A04	A024
15	$S_1 \cdot A24 + S_5 \cdot A02$	S_3	A04	A025
16	S_3^2	S_1	S_5	A15
17	$S_1 \cdot A35 + S_5 \cdot A13$	S_3	A15	A135
18	$S_0 \cdot A35 + S_4 \cdot A13$	S_2	A15	A035
19	0	S_0	S_3	
20	$S_0 \cdot S_3$	S_1	S_2	

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ガロア拡大体上の行列式の値を求めることにより誤り訂正符号を復号する誤り訂正装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、例えばビット、ランドの長さにて信号を変調記録するコンパクトディスクや、磁気テープに与える磁化の方向の相違にて信号を記録するデジタルVTRなど、いわゆる“1”、“0”のデジタル信号にて信号を記録再生する機器が製品化されている。これらの機器においては、記録メディアに記録された

“1”、“0”のデジタル信号をヘッドにて読み取り、記録信号の再生を行っているが、メディアに付着した粉塵や、メディアに生じた欠陥などによるドロップアウトなどにより、記録信号を再生して復号する際に、“1”に符号化されていた信号を誤って“0”に復号化したり、本来“0”に符号化されていた信号を誤って“1”に復号化してしまうことが発生する。

【0003】このような復号化の誤りを訂正するために、上記した機器においては信号を記録する際に、情報信号に誤り訂正符号が冗長ビットとして付加されて記録されており、この誤り訂正符号を再生ブロック内に設けられた誤り訂正回路にて復号化することにより、符号化

して記録した情報信号と一致した信号を復号化することを可能としている。

【0004】以下、このような従来用いられている誤り訂正装置（例えば、特公平4-52556号公報に開示された『多数バイトエラー訂正システム』参照）について図面を参照しながら説明する。

【0005】図3はGF(2^m)（mは正の整数）上の（N, N-6, 7）リードソロモン符号の誤り訂正装置のブロック図である。図3において、1はシンドローム計算器、2は誤り位置係数計算器、3は誤りパターン係*10

*数計算器、4は誤り位置及び誤りパターン計算器、5は遅延器である。

【0006】以上のように構成された誤り訂正装置の誤り位置係数計算器2は、シンドローム計算器1で計算されたシンドロームS₀, S₁, S₂, S₃, S₄, S₅から誤り位置係数Δ₀, Δ₁, Δ₂, Δ₃を求めており、Δ₀, Δ₁, Δ₂, Δ₃の値は生じたと判断される誤りの個数が3である時、

【0007】

【数1】

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} S_5 & S_4 & S_3 \\ S_4 & S_3 & S_2 \\ S_3 & S_2 & S_1 \end{vmatrix}$$

$$= S_1 \cdot (S_4 \cdot S_4 + S_3 \cdot S_5) + S_2 \cdot (S_3 \cdot S_4 + S_2 \cdot S_5) + S_3 \cdot (S_3 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_4)$$

【0008】

※ ※ 【数2】

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} S_5 & S_4 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_1 \\ S_3 & S_2 & S_0 \end{vmatrix}$$

$$= S_0 \cdot (S_4 \cdot S_4 + S_3 \cdot S_5) + S_1 \cdot (S_3 \cdot S_4 + S_2 \cdot S_5) + S_2 \cdot (S_3 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_4)$$

【0009】

★ ★ 【数3】

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} S_5 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_2 & S_1 \\ S_3 & S_1 & S_0 \end{vmatrix}$$

$$= S_3 \cdot (S_1 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_2) + S_4 \cdot (S_0 \cdot S_3 + S_1 \cdot S_2) + S_5 \cdot (S_1 \cdot S_1 + S_0 \cdot S_2)$$

【0010】

☆ ☆ 【数4】

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} S_4 & S_3 & S_2 \\ S_3 & S_2 & S_1 \\ S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix}$$

$$= S_2 \cdot (S_1 \cdot S_3 + S_2 \cdot S_2) + S_3 \cdot (S_0 \cdot S_3 + S_1 \cdot S_2) + S_4 \cdot (S_1 \cdot S_1 + S_0 \cdot S_2)$$

【0011】2である時、Δ₀=S₁・S₃+S₂・S₂、Δ₁=S₀・S₃+S₁・S₂、Δ₂=S₁・S₁+S₀・S₂、1である時、Δ₀=S₁、Δ₁=S₀である（・はGF(2^m)上の乗算、+はGF(2^m)上の加算を示す。以下同様とする）。

【0012】この誤り位置係数計算器2のブロック図が図4である。図4において、11はGF(2^m)上の乗算器、12はGF(2^m)上の加算器である。

【0013】Δ₀, Δ₁, Δ₂, Δ₃の計算は、全く公式通りのものである。従って例えば4個の誤りを訂正できるGF(2^m)（mは正の整数）上の（N, N-8, 9）リードソロモン符号の誤り訂正装置の構成を同様に与えた場合、シンドローム計算器1で計算されたシンドローム

S₀, S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆, S₇から誤り位置係数Δ₀, Δ₁, 50 【0015】

Δ₂, Δ₃, Δ₄を求めており、Δ₀, Δ₁, Δ₂, Δ₃, Δ₄の値は、生じたと判断される誤りの個数が3以下である時、（N, N-6, 7）リードソロモン符号の場合と同じであり、4である時、

【0014】

【数5】

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_5 & S_4 \\ S_6 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_1 \end{vmatrix}$$

13

14

【数6】

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_5 & S_3 \\ S_6 & S_5 & S_4 & S_2 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_1 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_0 \end{vmatrix}$$

【0016】

【数7】

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_4 & S_3 \\ S_6 & S_5 & S_3 & S_2 \\ S_5 & S_4 & S_2 & S_1 \\ S_4 & S_3 & S_1 & S_0 \end{vmatrix}$$

【0017】

【数8】

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} S_7 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_6 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_5 & S_3 & S_2 & S_1 \\ S_4 & S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix}$$

* 【0018】

【数9】

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} S_6 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_1 \\ S_3 & S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix}$$

【0019】である。従って、 Δ_0 は(数10)で、 $a=S_1, b=S_2, c=S_3, d=S_4, e=S_5, f=S_6, g=S_7$ とし、 Δ_1 は(数10)で、 $a=S_0, b=S_1, c=S_2, d=S_3, e=S_4, f=S_5, g=S_6$ とし、 Δ_2 は(数11)で、 $a=S_0, b=S_1, c=S_2, d=S_3, e=S_4, f=S_5, g=S_6, h=S_7$ として、それぞれ公式通りに得られる。

【0020】

【数10】

20

*

$$\begin{vmatrix} a & b & c & d \\ b & c & d & e \\ c & d & e & f \\ d & e & f & g \end{vmatrix} = a \cdot \begin{vmatrix} c & d & e \\ d & e & f \\ e & f & g \end{vmatrix} + b \cdot \begin{vmatrix} b & c & d \\ d & e & f \\ e & f & g \end{vmatrix} + c \cdot \begin{vmatrix} b & c & d \\ c & d & e \\ e & f & g \end{vmatrix} + d \cdot \begin{vmatrix} b & c & d \\ c & d & e \\ d & e & f \end{vmatrix}$$

$$= a \cdot \{c \cdot (e \cdot g + f \cdot f) + d \cdot (d \cdot g + f \cdot e) + e \cdot (d \cdot f + e \cdot e)\}$$

$$+ b \cdot \{b \cdot (e \cdot g + f \cdot f) + d \cdot (c \cdot g + f \cdot d) + e \cdot (c \cdot f + e \cdot d)\}$$

$$+ c \cdot \{b \cdot (d \cdot g + f \cdot e) + c \cdot (c \cdot g + f \cdot d) + e \cdot (c \cdot e + d \cdot d)\}$$

$$+ d \cdot \{b \cdot (d \cdot f + e \cdot e) + c \cdot (c \cdot f + e \cdot d) + d \cdot (c \cdot e + d \cdot d)\}$$

【0021】

※ ※ 【数11】

$$\begin{vmatrix} a & b & d & e \\ b & c & e & f \\ c & d & f & g \\ d & e & g & h \end{vmatrix} = a \cdot \begin{vmatrix} c & e & f \\ d & f & g \\ e & g & h \end{vmatrix} + b \cdot \begin{vmatrix} b & d & e \\ d & f & g \\ e & g & h \end{vmatrix} + c \cdot \begin{vmatrix} b & d & e \\ c & e & f \\ e & g & h \end{vmatrix} + d \cdot \begin{vmatrix} b & d & e \\ c & e & f \\ d & f & g \end{vmatrix}$$

$$= a \cdot \{c \cdot (f \cdot h + g \cdot g) + d \cdot (e \cdot h + g \cdot f) + e \cdot (e \cdot g + f \cdot f)\}$$

$$+ b \cdot \{b \cdot (f \cdot h + g \cdot g) + d \cdot (d \cdot h + g \cdot e) + e \cdot (d \cdot g + f \cdot e)\}$$

$$+ c \cdot \{b \cdot (e \cdot h + g \cdot f) + c \cdot (d \cdot h + g \cdot e) + e \cdot (d \cdot f + e \cdot e)\}$$

$$+ d \cdot \{b \cdot (e \cdot g + f \cdot f) + c \cdot (d \cdot g + f \cdot e) + d \cdot (d \cdot f + e \cdot e)\}$$

【0022】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような構成では、行列式の値を求めるには、(数1)(数2)(数3)(数4)の場合はそれぞれ乗算を9回、加

算を5回、(数5)(数7)(数9)の場合はそれぞれ乗算を28回、加算を17回要し、これらの演算を行うのにソフトウェアのプログラムにて実現した場合やハードウェアとして回路化して実現した場合には、動作クロ

ックが高くもしくは演算の実行時間が長くなってしまふ。あるいはハードウェアの規模が非常に大きくなるといふ課題を有していた。

【0023】本発明はこのような課題を解決し、従来に比較して、少ない演算の実行回数にて行列式の値を求め、これにより低い動作クロックもしくは短い演算実行時間にて誤り訂正を行う誤り訂正装置を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の誤り訂正装置は、情報信号に付加して記録担体に記録再生される誤り訂正符号を復号する誤り訂正装置であって、入力された符号語をもとにシンドロームを算出するシンドローム計算器と、前記シンドロームをもとに、入力された符号語の誤り個数を判定して誤り個数判定信号を出力すると共に、前記シンドロームをもとに誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ の係数 σ_i ($i=n-1, n-2, \dots, 1, 0$)を計算する誤り位置多項式係数計算器と、この計算により求められた係数 σ_i を用いて前記誤り位置多項式 $X^n + \sigma_{n-1} \cdot X^{n-1} + \sigma_{n-2} \cdot X^{n-2} + \dots + \sigma_1 \cdot X + \sigma_0$ を0とおいたときの根 X を求め、この根 X に基づいて前記誤り位置を求める誤り位置計算器と、この求められた誤り位置と前記シンドロームおよび誤り個数判定信号をもとに誤りパターンを生成する誤りパターン計算回路と、入力信号された符号語から前記誤りパターンが生成されるまでに要する時間だけ、入力された符号語を遅延させる遅延器と、前記遅延器の出力と前記誤りパターンとを用いることにより訂正された符号語を生成する訂正器とを具備したことを特徴とするものである。

【0025】前記誤り位置多項式係数計算器は、入力されたシンドロームに基づいて、ガロア体 $GF(2^m)$ の拡大体 $GF(2^m)$ (m は正の整数)の上の誤り訂正符号を復号する際、生起している誤りの個数を判定するための行列式演算、及び誤り位置多項式の係数を求めるための行*

$$S_k = \sum_{j=0}^{N-1} r_j \cdot (\alpha^j)^k \quad (k=0, 1, \dots, 7)$$

但し、 α は $GF(2^m)$ の原始元とする。

【0031】ここで、送信された符号系列を $C = (C_{N-1}, C_{N-2}, \dots, C_1, C_0)$ とすると、この符号系列 C と受信系列 R の間には、誤り系列を $E = (e_{N-1}, e_{N-2}, \dots, e_1, e_0)$ として(数13)の関係式が成り立つ。誤り系列 E は N 個の要素のうち、誤りの生起している要素は誤りパターンで、誤りの生起していない要素は0である系列とする。従って、(数12)を(数14)とすることがで

* 列式演算を行なう場合に、低次の行列式演算を行なった後に、前記低次の行列式演算の結果を必要とする複数種類の高次の行列式演算を並列して行なうことを特徴とする。

【0026】

【作用】本発明は、誤り位置多項式係数計算器にてこの多項式の係数を求めるに際して、行列式の計算を、低次の行列式演算を行なった後に、それらの結果を共通して必要とする高次の行列式演算を並列して行なうことにより、短い実行時間にて行列式の計算が実現でき、これにより誤り訂正を高速化することができる。また、これらの演算をハードウェア回路で実現した場合には、その回路規模を小さく抑えることができる。

【0027】

【実施例】本発明の誤り訂正装置についての実施例を説明する。

【0028】図1は本発明の誤り訂正装置の一実施例におけるブロック図である。図1において、21はシンドローム計算器、22は誤り位置多項式係数計算器、23は誤り位置計算器、24は誤りパターン計算器、25は遅延器、26は訂正器である。また27は、シンドローム計算器21、誤り位置多項式係数計算器22、誤り位置計算器23、誤りパターン計算器24をまとめて、以後、計算ブロックと称する。以下、 $GF(2^m)$ 上の $(N, N-8, 9)$ リードソロモン符号を4重訂正するものとして説明する。

【0029】まず、入力データである受信系列 $R = (r_{N-1}, r_{N-2}, \dots, r_1, r_0)$ がシンドローム計算器21に入力され、シンドローム計算器21はシンドローム $S = (S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7)$ を計算する。また、この受信系列 R は遅延器25にも入力され、遅延器25では、誤り訂正計算ブロック27で誤り訂正に必要な後述する計算を行っている間、受信系列 R を遅延させる。上記シンドローム S の算出は(数12)に基づいて行なわれる。

【0030】

【数12】

き、かつ(数15)を満たすように符号化がなされているため、(数16)が成立する。なお、本発明では、先頭から $(N-j)$ 番目($j=0, 1, \dots, N-2, N-1$)のディジットの誤り位置を α^j で与えるものとする。

【0032】

【数13】

17

18

$$R = C + E = (c_{N-1} + e_{N-1}, c_{N-2} + e_{N-2}, \dots, c_j + e_j, \dots, c_1 + e_1, c_0 + e_0)$$

$$C = R + E = (r_{N-1} + e_{N-1}, r_{N-2} + e_{N-2}, \dots, r_j + e_j, \dots, r_1 + e_1, r_0 + e_0)$$

【0033】

* * 【数14】

$$S_k = \sum_{j=0}^{N-1} (c_j + e_j) \cdot (\alpha^j)^k \quad (k=0, 1, \dots, 7)$$

【0034】

※ ※ 【数15】

$$S_k = \sum_{j=0}^{N-1} c_j \cdot (\alpha^j)^k = 0 \quad (k=0, 1, \dots, 7)$$

【0035】

★ ★ 【数16】

$$S_k = \sum_{j=0}^{N-1} e_j \cdot (\alpha^j)^k \quad (k=0, 1, \dots, 7)$$

【0036】受信系列Rに誤りがなければ、即ちE=(0, 0, ..., 0, 0)であれば、明らかにシンドロームS=(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)となる。

【0037】上述のシンドロームSをもとに、誤り位置多項式の係数を誤り位置多項式計算器22で計算する。この計算については後で詳細に説明する。なお、誤りの個数をv (v=1, 2, 3, 4)とし、誤り位置をX_k (k=1, ..., v)とすると、誤り位置多項式は(数17)で表されるものである。誤り位置多項式計算器22で計算された係数σ_j (j=0, ..., v-1)をもとに、誤り位置多項式を零と置いて、その根である誤り位置を誤り位置計算器23で計算する。ここで、根として得られた値が誤り位置として不適であった場合(重根の場合、根=0の場合、誤り位置が符号語の範囲を越えた場合など)、または根が得られなかった場合には5重以上の誤りが生起しているとして検出信号を付加する。

【0038】

【数17】

$$\sum_{j=0}^v X^j \cdot \sigma_j = \prod_{k=1}^v (X + X_k)$$

但し、σ_v=1

【0039】次に、シンドロームSと求められた誤り位置X_k (k=1, ..., v)とを用いて、対応する誤りパターンY_k (k=1, ..., v)を誤りパターン計算器24で計算する。

(数16)より明らかに、v=1の時はS₀=Y₁、v=2の時は(数18)、v=3の時は(数19)、v=4の時は(数20)が明らかに成立する。これらの関係性はY_kのv元1次連立方程式であり、誤りパターンY_kをたやすく求めることができる。

【0040】

【数18】

【0041】

【数19】

$$S_0 = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$S_1 = Y_1 \cdot X_1 + Y_2 \cdot X_2 + Y_3 \cdot X_3$$

$$S_2 = Y_1 \cdot X_1^2 + Y_2 \cdot X_2^2 + Y_3 \cdot X_3^2$$

【0042】

【数20】

$$S_0 = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$$

$$S_1 = Y_1 \cdot X_1 + Y_2 \cdot X_2 + Y_3 \cdot X_3 + Y_4 \cdot X_4$$

$$S_2 = Y_1 \cdot X_1^2 + Y_2 \cdot X_2^2 + Y_3 \cdot X_3^2 + Y_4 \cdot X_4^2$$

$$S_3 = Y_1 \cdot X_1^3 + Y_2 \cdot X_2^3 + Y_3 \cdot X_3^3 + Y_4 \cdot X_4^3$$

【0043】上記の計算を実行している間、受信系列Rは遅延器25で遅延され、(数13)に基づいて、この遅延された系列と求められた誤り系列との排他的論理和(Exclusive-OR)を訂正器26で求めることにより、誤り訂正は完了する。

【0044】次に、本実施例の誤り訂正装置における誤り位置多項式係数計算器22について詳細に説明する。図2は誤り位置多項式係数計算器22のブロック図である。図2において、31は0誤り判定器、32は1誤り判定器、33は2誤り判定器、34は3誤り判定器、35は1誤り判定係数計算器、36は2誤り判定係数計算器、37は3誤り判定係数計算器、38は1次位置多項式係数計算器、39は2次位置多項式係数計算器、40は3次位置多項式係数計算器、41は4次位置多項式係数計算器、42は選択器であ

る。

【0045】まず、シンドローム計算器21で計算されたシンドローム $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ は、0誤り判定器31、1誤り判定係数計算器35、2誤り判定係数計算器36、3誤り判定係数計算器37に入力される。以下、計算されるシーケンスに従って説明する。

【0046】(1) 0誤り判定器31は、 $S_0=S_1=S_2=S_3=S_4=S_5=S_6=S_7=0$ であれば誤りは0個であると判定し、誤り個数が0個であることを示す判定信号を出力する。この0誤り判定器31は、例えば、 $S_0 \sim S_7$ が全て0であるときにのみハイレベル信号を出力する論理回路で構成することができる。

【0047】(2) 1誤り判定係数計算器35は、入力されたシンドローム $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ から、(数21)～(数26)で与えられる1誤り判定係数 $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ を求める。

【0048】

【数21】

$$A_0 = \begin{vmatrix} S_2 & S_1 \\ S_1 & S_0 \end{vmatrix} = S_0 \cdot S_2 + S_1^2$$

【0049】

【数22】

$$A_1 = \begin{vmatrix} S_3 & S_2 \\ S_2 & S_1 \end{vmatrix} = S_1 \cdot S_3 + S_2^2$$

【0050】

$$\sigma_{10} = S_1 / S_0$$

を求め、選択器42では $\sigma_0 = \sigma_{10}$ 、 $\sigma_1 = \text{不定}$ 、 $\sigma_2 = \text{不定}$ 、 $\sigma_3 = \text{不定}$ を出力する。

【0055】(3) 2誤り判定係数計算器36は、入力さ※

$$A_0 = S_0 \cdot S_4 + S_2^2$$

$$A_1 = S_1 \cdot S_5 + S_3^2$$

$$A_2 = S_2 \cdot S_6 + S_4^2$$

$$A_3 = S_3 \cdot S_7 + S_5^2$$

を求め、次に(数27)～(数30)で与えられる2誤り判定係数 $A_{024}, A_{135}, A_{246}, A_{357}$ を求める。

$$A_{024} = \begin{vmatrix} S_4 & S_3 & S_2 \\ S_3 & S_2 & S_1 \\ S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix} = S_0 \cdot A_{24} + S_2 \cdot A_{04} + S_4 \cdot A_{02}$$

【0057】

$$A_{135} = \begin{vmatrix} S_5 & S_4 & S_3 \\ S_4 & S_3 & S_2 \\ S_3 & S_2 & S_1 \end{vmatrix} = S_1 \cdot A_{35} + S_3 \cdot A_{15} + S_5 \cdot A_{13}$$

【0058】

* 【数23】

$$A_{24} = \begin{vmatrix} S_4 & S_3 \\ S_3 & S_2 \end{vmatrix} = S_2 \cdot S_4 + S_3^2$$

【0051】

【数24】

$$A_{35} = \begin{vmatrix} S_5 & S_4 \\ S_4 & S_3 \end{vmatrix} = S_3 \cdot S_5 + S_4^2$$

10 【0052】

【数25】

$$A_{46} = \begin{vmatrix} S_6 & S_5 \\ S_5 & S_4 \end{vmatrix} = S_4 \cdot S_6 + S_5^2$$

【0053】

【数26】

$$A_{57} = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 \\ S_6 & S_5 \end{vmatrix} = S_5 \cdot S_7 + S_6^2$$

20 【0054】1誤り判定器32は、 $A_0=A_1=A_2=A_3=A_4=A_5=A_6=A_7=0$ であれば誤りは1個であると判定し、誤り個数が1個であることを示す判定信号を出力する。この1誤り判定器32は、例えば、 $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ が全て0であるときにのみハイレベル信号を出力する論理回路で構成することができる。この時、1次位置多項式係数計算器38で、

*

… (1)

※れたシンドローム $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ から、まず、

30

… (2)

… (3)

… (4)

… (5)

★ 【0056】

★ 【数27】

☆ ☆ 【数28】

50 【数29】

21

22

$$A_{246} = \begin{vmatrix} S_6 & S_5 & S_4 \\ S_5 & S_4 & S_3 \\ S_4 & S_3 & S_2 \end{vmatrix} = S_2 \cdot A_{46} + S_4 \cdot S_{26} + S_6 \cdot S_{24}$$

【0059】

* * 【数30】

$$A_{357} = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_5 \\ S_6 & S_5 & S_4 \\ S_5 & S_4 & S_3 \end{vmatrix} = S_3 \cdot A_{57} + S_5 \cdot A_{37} + S_7 \cdot A_{35}$$

【0060】2誤り判定器33は、 $A_{024}=A_{135}=A_{246}=A_{357}=0$ であれば誤りは2個であると判定し、誤り個数が2個であることを示す判定信号を出力する。この2誤り判定器33は、例えば、 $A_{024}, A_{135}, A_{246}, A_{357}$ が全て0で※

※あるときにのみハイレベル信号を出力する論理回路で構成することができる。この時、2次位置多項式係数計算器39で、

$$\sigma_{21} = (S_0 \cdot S_3 + S_1 \cdot S_2) / A_{02} \quad \dots (6)$$

$$\sigma_{20} = A_{13} / A_{02} \quad \dots (7)$$

を求め、選択器42では $\sigma_0 = \sigma_{20}$ 、 $\sigma_1 = \sigma_{21}$ 、 $\sigma_2 =$ 不定、 $\sigma_3 =$ 不定を出力する。

★【0062】

20 【数31】

【0061】(数27)～(数30)により、 $A_{024}, A_{135}, A_{246}, A_{357}$ を求めることは、GF(2ⁿ)上の行列式(数31)を(数32)のように展開して行列式の値を求めることに相当する。これは、例えば、(数27)において計算に使用されるシンドローム S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 を、(数32)に示した行列式におけるA, B, C, D, Eにそれぞれ対応させて考えるとわかりやすい。

$$\begin{vmatrix} A & B & C \\ B & C & D \\ C & D & E \end{vmatrix}$$

【0063】

【数32】

★

$$\begin{vmatrix} A & B & C \\ B & C & D \\ C & D & E \end{vmatrix} = A \cdot (C \cdot E + D^2) + B \cdot (B \cdot E + C \cdot D) + C \cdot (B \cdot D + C^2) \\ = A \cdot (C \cdot E + D^2) + C \cdot C^2 + E \cdot B^2 \\ = A \cdot (C \cdot E + D^2) + C \cdot (A \cdot E + C^2) + E \cdot (A \cdot C + B^2)$$

【0064】(数32)によれば、この行列式の計算には、6回の乗算、5回の加算、3回の2乗演算が必要であるが、 $C \cdot E + D^2$ 、 $A \cdot E + C^2$ 、 $A \cdot C + B^2$ が予め計算されていれば、3回の乗算と2回の加算のみで演算は可能となる。上述した演算においては、行列式は4個であり、本来は24回の乗算、20回の加算、12回の2乗演算が必要とされる。本実施例では、 $A_{04}, A_{15}, A_{26}, A_{37}$ を本ステップ

☆ブで計算する必要があるが、 $A_{02}, A_{13}, A_{24}, A_{35}, A_{46}, A_{57}$ は1誤り判定係数計算器35で既に計算されていることから、16回の乗算、12回の加算、4回の2乗演算のみで行列式を計算することができ、行列式計算を簡単化できる。

【0065】(4)3誤り判定係数計算器37は、入力されたシンドローム $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ から、まず

$$A_{06} = S_0 \cdot S_6 + S_3^2 \quad \dots (8)$$

$$A_{17} = S_1 \cdot S_7 + S_4^2 \quad \dots (9)$$

を求め、次に(数33)(数34)で与えられる3誤り判定係数 A_{246}, A_{357} を求める。

【0066】

【数33】

23

24

$$A0246 = \begin{vmatrix} S_6 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_1 \\ S_3 & S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix} = A02 \cdot A46 + A04 \cdot A26 + A06 \cdot A24$$

【0 0 6 7】

* * 【數 3 4】

$$A1357 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_5 & S_4 \\ S_6 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_1 \end{vmatrix} = A13 \cdot A57 + A15 \cdot A37 + A17 \cdot A35$$

【 0 0 6 8 】 3 誤り判定器34は $A0246=A1357=0$ であれば誤りは3個であると判定し、誤りが3個であること示す判定信号を出力する。この3誤り判定器34は、例えば、 $A0246, A1357$ がともに0であるときにのみハイレベル信号を出力する論理回路で構成することができる。

※れ対応させて考えるとわかりやすい。

【0 0 7 0】

【数 3 5】

A	B	C	D
B	C	D	E
C	D	E	F
D	E	F	G

【0069】(数33)(数34)により、A0246, A135
7を求めることは、GF(2ⁿ)上の行列式(数35)を 20

(数 3 6) のように展開して行列式の値を求めることに相当する。これは、例えば、(数 3 3) において計算に

使用されるシンドローム $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ を、(数
36) に示した行列式における A, B, C, D, E, F, G にそれぞれ※

【0 0 7 1】

【数 3 6】

$$\begin{vmatrix} A & B & C & D \\ B & C & D & E \\ C & D & E & F \\ D & E & F & G \end{vmatrix} = (A \cdot C + B^2) \cdot (E \cdot G + F^2) + (C \cdot E + D^2)^2 \\ + (D \cdot F + E^2) \cdot (A \cdot E + B \cdot D) + (B \cdot D + C^2) \cdot (C \cdot G + D \cdot F) \\ + (B \cdot E + C \cdot D) \cdot (C \cdot F + D \cdot E) + (A \cdot D + B \cdot C) \cdot (D \cdot G + E \cdot F) \\ = (A \cdot C + B^2) \cdot (E \cdot G + F^2) + (A \cdot E + C^2) \cdot (C \cdot G + E^2) + (A \cdot G + D^2) \cdot (C \cdot E + D^2)$$

【0072】(数36)によれば、この行列式の計算には、9回の乗算、8回の加算、6回の2乗演算が必要であるが、 $A \cdot C + B^2$, $E \cdot G + F^2$, $A \cdot E + C^2$, $C \cdot G + E^2$, $A \cdot G + D^2$, $C \cdot E + D^2$ が予め計算されていれば、3回の乗算と2回の加算のみで演算は可能となる。上述した演算においては行列式は2個であり、本来は18回の乗算、16回の加算、12回の2乗演算が必要とされる。本実施例では、A06, A17を本ステップで計算する必要があるが、A02, A13, A24, A3★

★5, A46, A57は1 罫り判定係数計算器35で、A04, A15, A26, A37は2 罫り判定係数計算器36で既に計算されていることから、8回の乗算、6回の加算、2回の2乗演算のみで行列式を計算することができ、行列式演算を簡単化できる。

【0073】(5) 3 誤り判定係数計算器37で、誤りが3個であると判定された場合には、3次位置多項式係数計算器40で、

$$\sigma_{32} = A025/A024$$

... (10)

$$\sigma_{31} = A035/A024$$

... (11)

$$\sigma_{90} = A135/A024$$

... (12)

を求め、選択器42では $\sigma_0 = \sigma_{30}$ 、 $\sigma_1 = \sigma_{31}$ 、 $\sigma_2 = \sigma_{32}$ 、 $\sigma_3 =$ 不定を出力する。但し、A025、A035はそれぞれ(数37)(数38)で与えられるものである。

☆【0074】

【数3 7】

$$A025 = \begin{vmatrix} S_3 & S_3 & S_2 \\ S_4 & S_2 & S_1 \\ S_3 & S_1 & S_0 \end{vmatrix} = S_1 \cdot A24 + S_3 \cdot A04 + S_5 \cdot A02$$

【0075】

50 【数3 8】

$$A035 = \begin{vmatrix} S_5 & S_4 & S_2 \\ S_4 & S_3 & S_1 \\ S_3 & S_2 & S_0 \end{vmatrix} = S_0 \cdot A35 + S_2 \cdot A15 + S_4 \cdot A13$$

【0076】(数37)(数38)式によりA025, A035 * 【0077】
を求めることは、GF(2⁸)上の行列式(数39)を 【数39】

(数40)のように展開して行列式の値を求めることに
相当する。これは、例えば、(数37)において計算に
使用されるシンドロームS₀, S₁, S₂, S₃, S₄, S₅を、(数4

$$\begin{vmatrix} A & B & D \\ B & C & E \\ C & D & F \end{vmatrix}$$

0)に示した行列式におけるA, B, C, D, E, Fにそれぞれ対 10 【0078】
応させて考えるとわかりやすい。 * 【数40】

$$\begin{vmatrix} A & B & D \\ B & C & E \\ C & D & F \end{vmatrix} = A \cdot (C \cdot F + D \cdot E) + B \cdot (B \cdot F + D^2) + C \cdot (B \cdot E + C \cdot D) \\ = B \cdot (C \cdot E + D^2) + D \cdot (A \cdot E + C^2) + F \cdot (A \cdot C + B^2)$$

【0079】(数40)によれば、この行列式の計算に
は、6回の乗算、5回の加算、3回の2乗演算が必要で
あるが、C・E+D², A・E+C², A・C+B²が予め計算されていれ 20
ば、3回の乗算と2回の加算のみで演算は可能となる。
上述した演算においては行列式は2個であり、本来は1
2回の乗算、10回の加算、6回の2乗演算が必要とさ
れる。本実施例では、A02, A13, A24, A35は1誤り判定係
数計算器35、A04, A15は2誤り判定係数計算器36にて既※

※に計算されていることから、6回の乗算、4回の加算の
みで行列式を計算することができ、行列式演算を簡単化
できる。

【0080】(6)誤りが3個より大きいと判定された
場合には、4次位置多項式係数計算器41で、まず上記し
たA025, A035と同様に、

【0081】
【数41】

$$A247 = \begin{vmatrix} S_7 & S_5 & S_4 \\ S_6 & S_4 & S_3 \\ S_5 & S_3 & S_2 \end{vmatrix} = S_3 \cdot A46 + S_5 \cdot A26 + S_7 \cdot A24$$

【0082】

★30★【数42】

$$A257 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_4 \\ S_6 & S_5 & S_3 \\ S_5 & S_4 & S_2 \end{vmatrix} = S_2 \cdot A57 + S_4 \cdot A37 + S_6 \cdot A35$$

【0083】を求め、次に、

$$\sigma_{43} = A0247 / A0246 \quad \dots (13)$$

$$\sigma_{42} = A0257 / A0246 \quad \dots (14)$$

$$\sigma_{41} = A0357 / A0246 \quad \dots (15)$$

$$\sigma_{40} = A1357 / A0246 \quad \dots (16)$$

を求め、選択器42ではσ₀ = σ₄₀、σ₁ = σ₄₁、σ₂ = σ₄₂ 40☆ものである。

42、σ₃ = σ₄₃を出力する。但し、A0247, A0257, A0357は 【0084】

それぞれ(数43)(数44)(数45)で与えられる☆ 【数43】

$$A0247 = \begin{vmatrix} S_7 & S_5 & S_4 & S_3 \\ S_6 & S_4 & S_3 & S_2 \\ S_5 & S_3 & S_2 & S_1 \\ S_4 & S_2 & S_1 & S_0 \end{vmatrix} = S_7 \cdot A024 + S_6 \cdot A025 + S_5 \cdot A035 + S_4 \cdot A135$$

【0085】

【数44】

27

28

$$A0257 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_4 & S_3 \\ S_6 & S_5 & S_3 & S_2 \\ S_5 & S_4 & S_2 & S_1 \\ S_4 & S_3 & S_1 & S_0 \end{vmatrix} = A02 \cdot A57 + A04 \cdot A37 + A06 \cdot A35 \\ + A13 \cdot A46 + A15 \cdot A26 + A17 \cdot A24$$

【0086】

* * 【数45】

$$A0357 = \begin{vmatrix} S_7 & S_6 & S_5 & S_3 \\ S_6 & S_5 & S_4 & S_2 \\ S_5 & S_4 & S_3 & S_1 \\ S_4 & S_3 & S_2 & S_0 \end{vmatrix} = S_0 \cdot A357 + S_1 \cdot A257 + S_2 \cdot A247 + S_3 \cdot A246$$

【0087】A0247, A0357については、A247, A257は本ステップで計算されるが、A24, A35, A46, A57は1誤り判定係数計算器35で、A26, A37, A024, A135, A246, A357は2誤り判定係数計算器36で、A025, A035は3次位置多項式係数計算器40で既に求められていることから、14回の乗算、10回の加算のみで行列式を計算することができ、行列式演算を簡単化できる。

※行列式におけるA, B, C, D, E, F, G, Hにそれぞれ対応させて考えるとわかりやすい。

【0089】

【数46】

$$\begin{vmatrix} A & B & D & E \\ B & C & E & F \\ C & D & F & G \\ D & E & G & H \end{vmatrix}$$

20

【0090】

【数47】

【0088】(数44)によりA0257を求めることは、GF(2ⁿ)上の行列式(数46)を(数47)のように展開して行列式の値を求めることに相当する。これは、例えば、(数44)において計算に使用されるシンドロームS₀, S₁, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆, S₇を、(数47)に示した※

$$\begin{vmatrix} A & B & D & E \\ B & C & E & F \\ C & D & F & G \\ D & E & G & H \end{vmatrix} = (A \cdot C + B^2) \cdot (F \cdot H + G^2) + (C \cdot E + D^2) \cdot (D \cdot F + E^2) \\ + (E \cdot G + F^2) \cdot (A \cdot E + B \cdot D) + (B \cdot D + C^2) \cdot (C \cdot H + E \cdot G) \\ + (A \cdot D + B \cdot C) \cdot (E \cdot H + F \cdot G) + (B \cdot E + C \cdot D) \cdot (D \cdot G + E \cdot F) \\ = (A \cdot C + B^2) \cdot (F \cdot H + G^2) + (A \cdot E + C^2) \cdot (D \cdot H + F^2) + (A \cdot G + D^2) \cdot (D \cdot F + E^2) \\ + (B \cdot D + C^2) \cdot (E \cdot G + F^2) + (B \cdot F + D^2) \cdot (C \cdot G + E^2) + (B \cdot H + E^2) \cdot (C \cdot E + D^2)$$

【0091】(数47)によれば、この行列式の計算には、18回の乗算、17回の加算、6回の2乗演算が必要であるが、A・C+B², F・H+G², A・E+C², D・H+F², A・G+D², D・F+E², B・D+C², E・G+F², B・F+D², C・G+E², B・H+E², C・E+D²が予め計算されていれば、6回の乗算と5回の加算のみで演算は可能となる。

【0092】本実施例では、A02, A13, A24, A35, A46, A57は1誤り判定係数計算器35で、A04, A15, A26, A37は2誤り判定係数計算器36で、A06, A07は3誤り判定係数計算器37で既に計算されていることから、6回の乗算、5回の加算のみでこの行列式を計算することができ、行列式演算を簡単化できる。

【0093】以上の説明より明らかなように、4重誤り訂正には(数21)～(数30)、(数33)、(数34)、(数37)、(数38)、(数43)～(数45)に示す、2次の行列式を6個、3次の行列式を6個、4次の行列式を5個求める必要があるが、これらの

行列式の展開式には共通項が多く、例えば、(数21)～(数26)の結果を用いれば、(数27)～(数30)、(数33)、(数34)、(数37)、(数38)の計算を簡単化できる。同様に、(数21)～(数26)の結果を用いれば、(数44)の計算を簡単化できる。さらに、(数27)～(数30)、(数37)、(数38)の結果を用いれば、(数43)(数45)の計算を簡単化でき、また中間値として(2)式～(5)式、(8)式、(9)式を求めておけば(数27)～(数30)、(数33)、(数34)(数37)(数38)(数44)の計算を簡単化できる。

【0094】上記した前後関係を前提とする計算順序が(表5)(表6)(表7)に示されている。ここで用いている計算手段は、1動作期間内にP+Q・RもしくはP²+Q・Rを計算できること、及びこのどちらかの計算を任意に選択できることを仮定している。また、P=0もあり得る。

【0095】

* * 【表5】

順序	P	Q	R	計算値
1	S_3^2	S_2	S_4	A24
2	0	S_0	A24	
3	0	S_1	A24	
4	0	S_6	A24	
5	0	S_7	A24	
6	S_3^2	S_0	S_6	A06
7	0	A06	A24	
8	S_4^2	S_1	S_7	A17
9	0	A17	A24	
10	S_4^2	S_3	S_5	A35
11	0	A17	A35	
12	$A17 \cdot A24$	A06	A35	
13	0	S_1	A35	
14	0	S_0	A35	
15	0	S_7	A35	
16	0	S_6	A35	
17	S_1^2	S_0	S_2	A02
18	$S_0 \cdot A24$	S_4	A02	
19	$S_1 \cdot A24$	S_5	A02	
20	S_5^2	S_4	S_6	A46
21	$A06 \cdot A24$	A02	A46	
22	S_4^2	S_5	S_7	A57
23	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35$	A02	A57	

【0096】

【表6】

順序	P	Q	R	計算値
24	$S_7 \cdot A35$	S_3	A57	A13
25	$S_6 \cdot A35$	S_2	A57	
26	S_2^2	S_1	S_3	
27	$A17 \cdot A35$	A13	A57	
28	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57$	A13	A46	
29	$S_6 \cdot S24$	S_2	A46	
30	$S_7 \cdot A24$	S_3	A46	
31	$S_1 \cdot A35$	S_5	A13	
32	$S_0 \cdot A35$	S_4	A13	
33	S_2^2	S_0	S_4	A04
34	$S_0 \cdot A24 + S_4 \cdot A02$	S_2	A04	A024
35	$S_1 \cdot A24 + S_5 \cdot A02$	S_3	A04	A025
36	S_4^2	S_2	S_6	A26
37	$A06 \cdot A24 + A02 \cdot A46$	A04	A26	A0246
38	S_5^2	S_3	S_7	A37
39	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57 + A13 \cdot A46$	A04	A37	A357
40	$S_7 \cdot A35 + S_3 \cdot A57$	S_5	A37	
41	$S_6 \cdot A35 + S_2 \cdot A57$	S_4	A37	A257
42	S_3^2	S_1	S_5	A15
43	$A17 \cdot A35 + A13 \cdot A57$	A15	A37	A1357
44	$A17 \cdot A24 + A06 \cdot A35 + A02 \cdot A57 + A13 \cdot A46 + A04 \cdot A37$	A15	A26	A0257
45	$S_6 \cdot S24 + S_2 \cdot A46$	S_4	S26	A246
46	$S_7 \cdot A24 + S_3 \cdot A46$	S_5	A26	A247

【0097】

【表7】

順序	P	Q	R	計算値
47	$S_1 \cdot A35 + S_5 \cdot A13$	S_3	A15	A135
48	$S_0 \cdot A35 + S_4 \cdot A13$	S_2	A15	A035
49	0	S_0	A357	
50	$S_0 \cdot A357$	S_1	A257	
51	$S_0 \cdot A357 + S_1 \cdot A257$	S_2	A247	
52	$S_0 \cdot A357 + S_1 \cdot A257 + S_2 \cdot A247$	S_3	A246	A0357
53	0	S_7	A024	
54	$S_7 \cdot A024$	S_6	A025	
55	$S_7 \cdot A024 + S_6 \cdot A025$	S_5	A035	
56	$S_7 \cdot A024 + S_6 \cdot A025 + S_5 \cdot A035$	S_4	A135	A0247

【0098】同様に、GF(2⁸)上の(N, N-6, 7)リードソロモン符号を用いて3重誤り訂正を行なう場合の、上述の説明と同様の主旨の計算順序を(表8)に示されている。ここで用いている計算手段は、上記の4重誤り訂正の場合と同様に、1動作期間内にP+Q・R

もしくはP²+Q・Rを計算できること、及びこのどちらかの計算を任意に選択できることを仮定している。また、P=0もあり得る。

【0099】

【表8】

35

36

順序	P	Q	R	計算値
1	S_3^2	S_2	S_4	A24
2	0	S_0	A24	
3	0	S_1	A24	
4	S_4^2	S_3	S_5	A35
5	0	S_1	A35	
6	0	S_0	A35	
7	S_1^2	S_0	S_2	A02
8	$S_0 \cdot A24$	S_4	A02	
9	$S_1 \cdot A24$	S_5	A02	
10	S_2^2	S_1	S_3	A13
11	$S_1 \cdot A35$	S_5	A13	
12	$S_0 \cdot A35$	S_4	A13	
13	S_2^2	S_0	S_4	A04
14	$S_0 \cdot A24 + S_4 \cdot A02$	S_2	A04	A024
15	$S_1 \cdot A24 + S_5 \cdot A02$	S_3	A04	A025
16	S_3^2	S_1	S_5	A15
17	$S_1 \cdot A35 + S_5 \cdot A13$	S_3	A15	A135
18	$S_0 \cdot A35 + S_4 \cdot A13$	S_2	A15	A035
19	0	S_0	S_3	
20	$S_0 \cdot S_3$	S_1	S_2	

【0100】以上のように、本発明の誤り訂正装置の実施例においては、誤り訂正を実現するのに共通して必要な結果を繰り返して計算しないように計算順序を設定しているため、最短の実行時間で必要な行列式の値が得ることができ、これにより、短い処理時間にて符号の誤り訂正を実現している。

【0101】実際にこのような順序で計算するためには、先に計算した低次の行列式の値を保持する回路（ハードウェアの場合）もしくは領域（ソフトウェアの場合）が必要であるが、それらが不足する場合には、2度以上同じ値を計算しなければならないこともあり得る。しかし、一部でも先の計算結果を共通して用いることができれば、用いただけ実行時間を短縮できる。

【0102】なお、本実施例では、 $GF(2^8)$ 上の $(N, N-8, 9)$ リードソロモン符号もしくは $(N, N-6, 7)$ リードソロモン符号を扱っているが、任意の符号長、任意の情報記数、任意の体上のリードソロモン符号に対して同様に系統的な計算を行なうことができる。また、4重訂正を行なうとしているが、何重訂正であっても符号の能力を越えない範囲であればこの計算方法を適用できる。また、計算手段がどのようなものであっても本発明は適用可能であり、計算順序も（表5）（表6）（表7）もしくは（表8）に示したものの以外でもよい。

【0103】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

37

38

は、誤り位置多項式係数計算器にてこの多項式の係数を求めるに際して、行列式の計算を、低次の行列式演算を行なった後にそれらの結果を共通して必要とする高次の行列式演算を行なうことにより、行列式計算を簡単化することができる。従って、誤り訂正をソフトウェアのプログラムとして実現する場合にはプログラムステップ数の低減が可能となり、ハードウェアとして回路化した場合には動作クロックの低速化または実行時間の短縮と回路規模の低減が可能となり、その実用的効果は大きいものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の誤り訂正装置の一実施例におけるブロック図

【図2】 本発明に係る誤り位置多項式係数計算器のブロック図

【図3】 従来の誤り訂正装置のブロック図

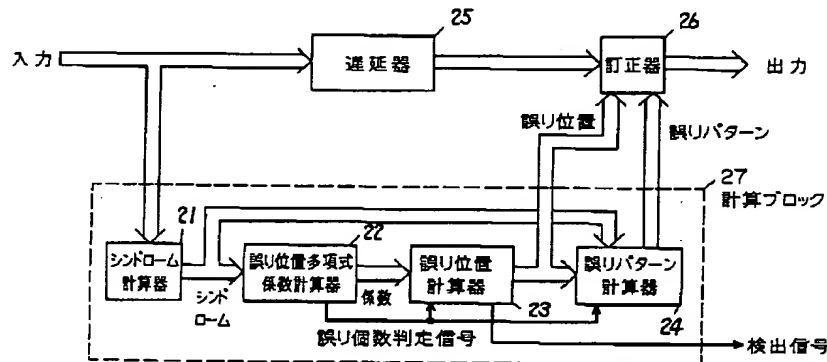
【図4】 従来の誤り訂正装置の誤り位置係数計算器のブロック図

【符号の説明】

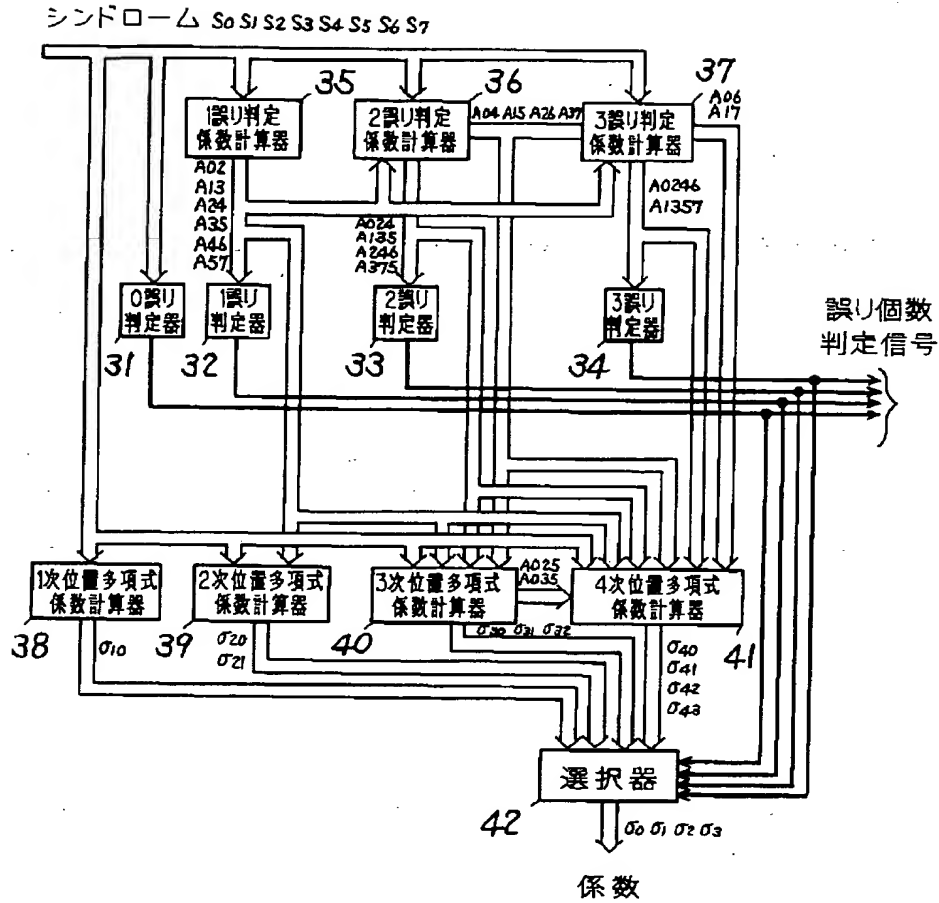
10

- 21 シンドローム計算器
- 22 誤り位置多項式係数計算器
- 23 誤り位置計算器
- 24 誤りパターン計算器
- 25 遅延器
- 26 訂正器
- 27 計算ブロック
- 31 0 誤り判定器
- 32 1 誤り判定器
- 33 2 誤り判定器
- 34 3 誤り判定器
- 35 1 誤り判定係数計算器
- 36 2 誤り判定係数計算器
- 37 3 誤り判定係数計算器
- 38 1 次位置多項式係数計算器
- 39 2 次位置多項式係数計算器
- 40 3 次位置多項式係数計算器
- 41 4 次位置多項式係数計算器
- 42 選択器

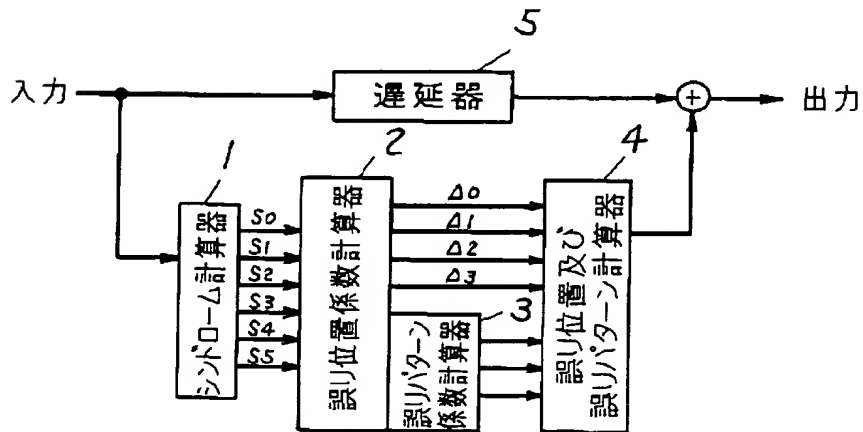
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

